

Document de travail issu de la commission CTI-SMF-SMAI

1) Place des mathématiques actuellement dans le document de référence de la CTI

Le document **CTI - Références et Orientations** n'évoque pas explicitement les mathématiques. Néanmoins, celles-ci sont en filigrane dès l'introduction de Michelle GELIN, ex-Présidente de la CTI : elle dénombre 4 *composantes essentielles d'une formation d'ingénieur*, et la première d'entre elles est :

Les sciences de base ou socle commun des connaissances, garantes de la rigueur d'analyse et du pouvoir d'adaptation à long terme aux exigences évolutives des métiers.

Le chapitre **Formation de l'ingénieur** cite en III.3 les mathématiques comme l'un des ingrédients du domaine technique **Informatique, Systèmes d'information, Mathématiques, Modélisation** (la CTI dénombrant en tout 11 domaines techniques).

Le paragraphe III.4 place en première position, parmi 7 *capacités et compétences recherchées pour l'ingénieur* :

Connaissance et compréhension d'un large champ de sciences fondamentales.

Par ailleurs, le paragraphe VI.2, dévolu au cursus et à la pédagogie, cite en première position, parmi les 7 contenus qu'une formation d'ingénieur *doit* inclure :

Un enseignement approfondi en sciences de base (non limité aux bases de la spécialité), qui pourra valablement comporter une première expérience de la recherche.

En ce qui concerne la recherche, justement, on note que parmi les *fonctions de l'ingénieur* citées par la CTI, on trouve non seulement **Recherche et Développement**, mais aussi **Formation et Recherche**. Plus loin, en VI.1.3, ceci est développé, et la symbiose enseignement-recherche est demandée. Comme il paraît délicat d'imaginer un enseignement s'appuyant sur la recherche sans de solides bases en mathématiques, vu l'omniprésence de l'outil mathématique dans la formalisation des concepts scientifiques, nous pouvons considérer que ce paragraphe inclut, lui aussi des recommandations sur les mathématiques.

Par ailleurs, il existe un autre document édité par la CTI : le Guide d'Autoévaluation des Formations d'Ingénieurs. Ce guide ne donne que peu d'indications aux écoles souhaitant évaluer l'enseignement des mathématiques. Dans le paragraphe D.2.3 figure néanmoins la phrase :

Ces sciences et techniques de l'ingénieur comprennent notamment les mathématiques. Ils (les élèves-ingénieurs) savent mener l'analyse mathématique des problèmes et réaliser des modélisations mathématiques

2) Notre lecture de ces recommandations et les remarques qu'elles nous inspirent

On ne peut que se réjouir de voir l'importance pour la CTI d'une formation scientifique étendue. Néanmoins on peut déplorer l'absence de recommandations explicites concernant la formation en mathématiques dans les écoles d'ingénieur. La diversité des profils d'ingénieurs français a conduit la CTI à se contenter de cette formulation plus générale concernant les **Sciences de base**. Ce terme mériterait d'être précisé. On imagine volontiers qu'il inclut les mathématiques et la physique, mais doit-on considérer que pour toutes les écoles sont nécessaires aussi des connaissances étendues en chimie, voire en biologie ou en géologie ? Il apparaît qu'il n'est pas forcément souhaitable de dispenser une formation dans tous ces champs de compétence à tous les élèves-ingénieurs. Cela dépend des objectifs visés par l'école, et/ou des spécialités affichées par le diplôme.

Par contre il nous semble qu'aucun cursus d'ingénieur ne peut exclure totalement les mathématiques. D'une part elles constituent l'ingrédient principal de la formation à la **rigueur d'analyse**, inhérente au métier d'ingénieur et dont l'exigence est rappelée par Michelle GELIN dans son introduction. D'autre part, elles fournissent des pré-requis (et un langage) indispensables à la formalisation scientifique et à la modélisation. Il nous apparaît que cette remarque reste valable, dans ses plus grandes lignes, pour une discipline comme la physique, pour laquelle il conviendrait de rester vigilant quant à l'évolution des programmes de formation.

La difficulté, pour la CTI, provient du fait qu'il n'est évidemment pas souhaitable d'enseigner les mêmes mathématiques à des élèves-ingénieurs biologistes, à de futurs spécialistes de l'électronique, de l'automatique, du traitement du signal, de la mécanique, de l'aéronautique, de l'optique, ou de l'informatique (liste non exhaustive). Néanmoins il est peut-être possible de définir **un bagage commun minimal**. Par exemple, il nous semble clair que la formation de tout jeune scientifique doit pouvoir s'appuyer sur les **notions communes de mathématiques générales des classes préparatoires et des premiers cycles des universités** (essentiellement **algèbre linéaire et analyse**). D'autre part, un ensemble minimal de connaissances en **probabilités et statistiques** doit être enseigné en école d'ingénieurs. Toujours en raisonnant *a minima*, on doit compléter cette formation de base par des **mathématiques plus spécifiques, orientées vers les applications** visées par l'école. Il semble qu'à l'heure actuelle, l'on observe dans certaines écoles un déficit de formation en ce domaine.

3) Etat actuel de la réflexion

Les associations de mathématiciens de France ont cherché récemment à alerter les organisations de l'enseignement supérieur et l'opinion publique sur l'évolution du niveau de compétences en mathématiques des diplômés ingénieurs, eu égard aux besoins des entreprises et de la société.

Durant cette même période, la CTI s'est proposé de porter une attention plus soutenue à la qualité des programmes de formation des ingénieurs. Dans un premier temps elle a cherché à avancer au plan méthodologique, par le développement de l'approche compétences (notamment avec la création de la fiche RNCP). Mais il faut sans doute aller plus loin et

proposer et utiliser des outils de travail sur le fond même des questions concernant les mathématiques.

Un des outils actuels est le Guide d'autoévaluation.

La CTI demande en premier lieu l'acquisition d'un large champ de connaissances scientifiques de base. Dès lors, si les évaluations tant internes qu'externes sur les programmes devaient être approfondies, il serait tout à fait naturel de porter une attention particulière aux mathématiques, discipline sur laquelle s'appuie l'ensemble des enseignements.

Aussi le groupe de travail pourrait se proposer vis-à-vis de l'enseignement des mathématiques d'élaborer en liaison avec ses parties prenantes, qu'il convient d'ailleurs de préciser :

- des recommandations générales, replacées dans une logique de formation en 5 ans,
- un questionnaire d'autoévaluation destiné aux écoles et à la CTI,
- quelques indicateurs repères, qui, même sommaires, permettraient d'amorcer un début de réflexion.

Parallèlement, les compétences en mathématiques mériteraient d'être explicitées avec le complément au diplôme.

Si cette expérimentation concernant les mathématiques était réussie, elle pourrait être étendue à d'autres disciplines scientifiques de base (physique, voire informatique). Sinon il conviendrait de rechercher d'autres formules plus adaptées.

4) Quelques propositions

Au vu de la diversité des parcours, et des mathématiques de l'ingénieur qui devraient les accompagner, il ne semble pas souhaitable de gérer la question par une unique recommandation lapidaire du genre : « il convient d'enseigner telles ou telles mathématiques ».

Peut-on imaginer que la CTI se dote d'un moyen d'estimer, qualitativement et quantitativement, l'enseignement des mathématiques dans les écoles d'ingénieurs françaises ? Afin d'effectuer ces évaluations, la CTI pourrait avoir besoin de critères simples et objectifs.

Concernant le contenu, rappelons les trois objectifs généraux (et minimaux à notre sens) définis au paragraphe 2 :

- Bagage étendu de mathématique générale (normalement assuré par le premier cycle ou les classes préparatoires, remise à niveau à mettre en place au premier semestre du cycle ingénieur au plus tard pour élèves d'IUT/BTS).
- Enseignement de probabilités et de statistique adapté au profil d'ingénieur recherché. La simple utilisation d'un logiciel sans fondements théoriques ne saurait évidemment répondre à cet objectif.
- Enseignement complémentaire variable suivant les filières, orienté vers les options ou les spécialités visées, par exemple : analyse numérique, équations différentielles, équations aux dérivées partielles, optimisation, processus aléatoires, algèbre, géométrie...

Le groupe de travail propose d'ajouter au guide d'auto-évaluation édité par la CTI une section concernant les mathématiques. Ce guide permet aux écoles de se positionner par rapport aux recommandations de la CTI. Il serait donc normal qu'il puisse permettre à chaque direction d'école de vérifier rapidement l'adéquation de l'enseignement des mathématiques aux objectifs de formation de son école, voire de détecter les marges de progression potentielles.

Ainsi, des indicateurs quantitatifs et qualitatifs pourraient être élaborés. Pour rester simples et objectifs, ceux-ci pourraient s'intéresser :

- au ratio nombre d'heures de mathématiques sur nombre d'heures total,
- au nombre d'heures d'enseignement dans chacun des trois champs généraux définis plus haut,
- au profil professionnel des intervenants dans la pédagogie (statut et discipline de rattachement),
- au retour des élèves et des industriels, en termes de satisfaction (plus difficile à quantifier).

Les bilans de modules, présents dans de nombreuses écoles, permettent déjà de faire remonter certaines attentes légitimes des élèves-ingénieurs. Pour aller plus loin, il conviendrait donc de définir des moyens d'avoir un retour en termes de satisfaction de jeunes ingénieurs en exercice ayant quelques années d'expérience.

En ce qui concerne les industriels, la commission doit réfléchir aux questions à leur poser. Quelles sont les attentes des industriels concernant une discipline qui a autant pour vocation à former à la rigueur scientifique et au raisonnement qu'à donner des outils de modélisation pour les sciences de l'ingénieur ?

